



Trabajo para la obtención del Título de Graduado en
Ciencias del Deporte

ESTUDIO DEL BALANCE ENERGÉTICO EN VELOCISTAS DE ALTO RENDIMIENTO

Autor:

JESÚS LORENTE GUTIÉRREZ

Departamento de Salud y Rendimiento Humano de la Facultad de Ciencias de la
Actividad Física y del Deporte (INEF).

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Curso 2014-2015



Trabajo para la obtención del Título de Graduado en
Ciencias del Deporte

ESTUDIO DEL BALANCE ENERGÉTICO EN VELOCISTAS DE ALTO RENDIMIENTO

Autor:

JESÚS LORENTE GUTIÉRREZ

Dirigido por:

Dra. Marcela González Groos

(Doctora en Farmacia y Catedrática de la Universidad Politécnica de
Madrid)

Departamento de Salud y Rendimiento Humano de la Facultad de Ciencias de la
Actividad Física y del Deporte (INEF).

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Curso 2014-2015

“Andando se hace el camino”
Antonio Machado

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero dar las gracias a mi familia, por haberme dado las herramientas para poder llegar hasta aquí. También quiero dar las gracias a Silvia y a su familia por el apoyo incondicional que siempre me han mostrado, ya que si él el camino hubiese sido mucho más difícil.

En segundo lugar, quiero dar las gracias mi tutora, la Dra. Marcela González Groos, por la profesionalidad que le caracteriza erigiéndose como un modelo a seguir, sin olvidar la confianza y el trato que me ha dado.

Por último agradecer de forma muy especial a los atletas que han colaborado conmigo en este Trabajo Fin de Grado, sin ellos este trabajo no habría podido salir adelante.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Agradecimientos.....	V
Índice de tablas.....	VII
Índice de gráficas.....	VII
Índice de ecuaciones.....	VIII
Índice de figuras.....	VIII
Índice de abreviaturas.....	VIII
Resumen.....	IX
Abstract.....	XI
1. Marco teórico.....	1
1.1 ¿Qué es el balance energético?.....	1
1.2 Balance energético en velocistas.....	3
1.3 Requerimientos energéticos en velocistas.....	4
2. Objetivos.....	9
3. Material y métodos.....	10
3.1 Participantes.....	10
3.2 Periodo estudiado.....	10
3.3 Cálculo y estimación del gasto energético.....	10
3.4 Ingesta energética y de macronutrientes.....	13
3.5 Peso y composición corporal.....	13
4. Resultados.....	15
4.1 Variabilidad del peso.....	15
4.2 Balance energético: Ingesta calórica vs. Gasto energético.....	17
4.3 Cambios en la composición corporal.....	19
4.4 Ingesta energética y de macronutrientes.....	20
5. Discusión.....	22
6. Conclusión.....	26
7. Bibliografía.....	27
Anexo I.....	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cocientes de Actividad Física, a partir de Food Nutrition Board.....	8
Tabla 2. Cambio en la composición corporal sujeto 1.....	19
Tabla 3. Cambio en la composición corporal sujeto 2.....	19
Tabla 4. Cambio en la composición corporal sujeto 3.....	19
Tabla 5. Promedios de la ingesta de energía y macronutrientes en relación al peso corporal durante el mes de febrero.....	20
Tabla 6: estudios de IE realizados anteriormente con velocistas de alto nivel.....	23
Tabla 7: Balance energético de velocistas de la Flemish League.....	23

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Grafica 1. Variabilidad del peso sujeto 1.....	15
Grafica 2. Variabilidad del peso sujeto 2.....	15
Grafica 3. Variabilidad del peso sujeto 3.....	15
Grafica 4. Temperatura máxima y mínima.....	16
Grafica 5. Humedad relativa.....	17
Grafica 6. Balance energético sujeto 1.....	17
Grafica 7. Balance energético sujeto 2.....	17
Grafica 8. Balance energético sujeto 3.....	18

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Ecuación del balance energético.....	1
Ecuación 2. Ecuación del balance energético 2.....	1
Ecuación 3. Energy Estimated Requirement (Hombre).....	7
Ecuación 4. Energy Estimated Requirement (Mujer).....	7

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Elementos que intervienen en el balance energético.....	2
---	---

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

EI: energía ingerida

GE: gasto energético

ATP: adenosín trifosfato

PC: fosfocreatina

GETD: gasto energético total diario

RMB: ritmo metabólico basal

PAL: physical activity level

VO₂: consumo de oxígeno

EPOC: excess post oxygen consumption

ACSM: American college of sport medicine

DLW: double labeled water

EER: energy estimated requirement

AF: actividad física

SWA: Sense Wear Ambard

ISAK: International Society for the Advancement of Kinanthropometry

GREC: grupo español de cineantropometría

RESUMEN

El balance energético basado en uno de los principios básicos de la termodinámica, “*la energía no puede ser creada ni destruida*” y es fundamental para la comprensión de la interacción de la energía ingerida, gasto energético y la composición corporal.

El objetivo de este estudio fue evaluar el balance energético en tres atletas de alto rendimiento durante 28 días, que coincidieron con el periodo competitivo de pista cubierta. La ingesta energética fue estudiada a partir de registros alimentarios durante los 28 días. Del mismo modo, el gasto energético fue estimado por tres métodos, mediante registros de actividad durante 28 días, mediante el estudio del ritmo metabólico basal estudiado por calorimetría indirecta, aplicándole el factor de actividad correspondiente y por último a través de un acelerómetro triaxial, modelo Sense Wear Pro3 Ambard. Durante una semana uno de los sujetos llevó el acelerómetro, la cual coincidía con el Campeonato de España de Pista Cubierta Absoluto.

Durante el periodo de estudio se observó un patrón común en los tres atletas. Los tres atletas se encontraban en balance energético negativo si la estimación del gasto energético total diario se realizaba a partir de las ecuaciones propuestas por la Food Nutrition Board (2005). Sin embargo, se encontraban en un balance energético positivo en promedio si la estimación del gasto energético total diario se realizaba a partir del ritmo metabólico basal calculado en laboratorio con calorimetría indirecta y aplicándole el factor de actividad correspondiente. Durante el periodo estudiado no se observaron cambios significativos en la composición corporal ni en la variabilidad del peso.

Se concluye que tras un seguimiento de 28 días, el modelo empleado para estimar el balance energético influye de manera significativa en los resultados. La acelerometría y los registros de actividad física aplicando las ecuaciones propuestas por la FNB (2005) sobrestiman el GETD en atletas muy entrenados. Estos atletas experimentan una “*eficiencia energética*”, en la que sus necesidades basales y el gasto energético derivado de la actividad física es menor a lo esperado.

ABSTRACT

Energy balance is based on one of the basic principles of thermodynamics, "energy can be neither created nor destroyed" and it is essential for understanding the interaction between energy intake, energy expenditure and body composition.

The aim of this study was to assess energy balance in three high performance athletes during 28 days, which coincided with the competitive period of the indoor season. Energy intake was determined over 28 days, using food records. Energy expenditure was estimated by three methods: activity records over 28 days, by means of the study of the basal metabolic rate studied by indirect calorimetry, and applying the appropriate activity factor and using a triaxial accelerometer, model Sense Wear Pro3 Ambard. For a week, one of the subjects wore the accelerometer, which coincided with the Spanish Championship of Indoor Season.

A regular pattern was observed in the three athletes during the study period. The three athletes were in negative energy balance if the estimation of the total daily energy expenditure was carried out from the equations proposed by the Food Nutrition Board (2005). Nevertheless, they were in a positive energy balance on average if the estimation of total energy expenditure daily was carried out from the basal metabolic rate calculated in the laboratory with indirect calorimetry and applying the appropriate activity factor. During the study period, there were no significant changes in body composition or body weight.

In conclusion, after 28-day of follow-up, the model used to estimate energy balance influences significantly the results. Accelerometry and records of physical activity by applying the equations proposed by the Food Nutrition Board (2005) overestimate the total daily energy expenditure in highly trained athletes. These athletes experience an "energy efficiency", in which their basal needs and derived physical activity energy expenditure, are less than expected.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 ¿Qué es el balance energético?

El balance energético es un tema de máxima actualidad, debido en gran parte, al incremento de la prevalencia del sobrepeso y obesidad en nuestra sociedad, en la que España se encuentra a la cabeza de Europa en esta enfermedad (Berghofe et al. citado por Zapico et al., 2012). El balance energético está basado en uno de los principios básicos de la termodinámica, “*la energía no puede ser creada ni destruida*” (Ogden et al., 2004, citado por Shoeller, 2009), y es fundamental para la comprensión de la interacción de la energía ingerida (EI), gasto energético (GE) y la composición corporal (Shoeller, 2009).

El balance energético se puede definir, por tanto, como el estado donde la energía ingerida (calorías que tomamos a través de la comida, bebida y suplementos) iguala al gasto energético (calorías que nuestro cuerpo emplea para los requerimientos diarios de energía), (Swinburn et al., 1993, citado por ACSM, 2000). Esto se expresa en las siguientes ecuaciones:

$$\text{Ingesta Energética (IE)} = \text{Gasto energético (GE)} + \text{Cambios en la reserva de Energía}$$

Ecuación 1
(Kleiber et al., 1975, citado por Shoeller, 2009)

$$\text{Balance energético} = \text{Ingesta energética (IE)} - \text{Gasto energético (GE)}$$

Ecuación 2
(Hall et al., 2012)

A partir de estas ecuaciones se pueden plantear, por tanto, tres situaciones:

- a) Que IE sea igual a GE, en cuyo caso el balance es neutro.
- b) Que IE sea mayor que GE, en cuyo caso el balance es positivo, y se almacenará la energía mayormente en forma de grasa, pero también en forma de glucógeno y proteínas, aunque en menor proporción (Shoeller, 2009).
- c) Que IE sea menor que GE, en cuyo caso nos encontramos en un balance negativo, oxidándose las reserva endógena energética (Hernández y Sastre, 1999:589).

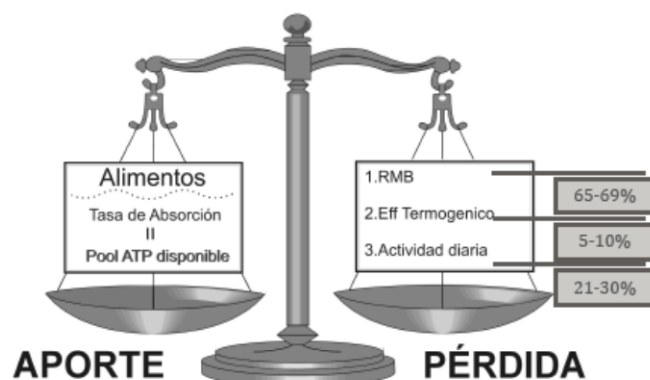


Figura 1: Elementos que intervienen en el balance energético.

Tomado de Hunter et al., 2000.

En la figura 1 se puede ver los elementos que intervienen en el balance energético. El aporte, o ingesta energética es dependiente de la energía química de los alimentos, bebidas y suplementos ingeridos, así como de la eficacia del organismo para su digestión y absorción (Hall et al., 2012).

La salida de energía por parte del organismo esta determinada por la perdida de calor (radiación, conductividad, convección y evaporación), que supone cerca del 50% (Benito et al., 2013) y por cualquier trabajo realizado (Hall et al., 2012), incluido el trabajo realizado dentro del organismo, como el transporte a través de membranas, trabajo químico para la síntesis, crecimiento y mantenimiento de estructuras y el trabajo necesario para almacenar energía en forma de ATP-PC, hidratos de carbono o lípidos (Benito et al., 2013:331).

El gasto energético total diario (GETD) por su parte está compuesto al menos, de los siguientes componentes:

- Ritmo Metabolismo Basal (RMB), cantidad mínima de energía requerida para mantener las funciones vitales estando despiertos (Benito et al., 2013:328).
- El efecto termogénico de los alimentos, aumento del gasto energético debido a la digestión, absorción y metabolismo de la comida y sus nutrientes (Maughan and Burke, 2002:3).
- Termorregulación: Este proceso, puede provocar aumentos en el gasto de energía, cuando nos encontramos fuera de la zona de termoneutralidad (FNB, 2005:114)

- Gasto debido a la actividad física:
 - Actividad física voluntaria, que depende de la duración, intensidad, tipo de actividad y masa corporal (Maughan and Burke, 2002:4).
 - Actividad física involuntaria o espontánea, que viene determinada por la genética, hormonas y sistema nervioso (Maughan and Burke, 2002:4).
- Y en algunos casos, el crecimiento (Burke, 2001:203).

1.2 Balance energético en velocistas

La mayoría de los estudios sobre nutrición deportiva, incluyendo los estudios sobre el balance energético, se han centrado en el rendimiento en largas distancias o fondo. Hay relativamente pocos estudios sobre nutrición, en relación al rendimiento en velocistas (Tipton et al., 2007).

Este grupo de atletas realiza competiciones que van desde los 60 metros lisos a los 400 metros lisos. Estos eventos juntos con las vallas, son eventos de corta duración y alta intensidad, donde se busca principalmente el desarrollo de grandes potencias a través del sistema energético anaeróbico, escisión de fosfágenos y glucólisis anaeróbica (Tipton et al., 2007).

El rendimiento en estas pruebas viene determinado por aspectos metabólicos, así como por aspectos biomecánicos y neuromusculares (Tipton et al., 2007) encaminados a conseguir la máxima velocidad y la mínima pérdida de potencia durante la prueba. Son atletas que necesitan conseguir grandes potencias en relación a su peso, y ello lo consiguen través de maximizar su masa muscular y mantener bajo su porcentaje graso. (Tipton et al., 2007).

Para un adecuado rendimiento, recuperación y composición corporal, es necesario que los atletas sean capaces de sincronizar su ingesta energética con su gasto energético total diario, o en otras palabras, adecuar su dieta a la actividad física realizada cada día.

1.3 Requerimientos energéticos en velocistas

Con el fin de estudiar adecuadamente el balance energético en velocistas, es necesario realizar una evaluación lo más precisa posible, sobre su ingesta energética, características del programa de entrenamiento llevado por el atleta, y además es necesario tener en cuenta cual es nivel de actividad física (PAL, *physical activity level*) del atleta.

Como se comentó anteriormente, uno de los objetivos del entrenamiento de velocidad, es optimizar el desarrollo del tejido libre de grasa, con el objetivo de generar grandes potencias, para conseguir un desplazamiento lo más rápido posible (Tipton et al., 2007).

El entrenamiento específico y las competiciones llevadas a cabo por un velocista consisten, en su mayoría, en la realización de múltiples sprints (Aerenhouts et al., 2011a), ya sea como un entrenamiento interválico de alta intensidad o mediante la realización de series a alta intensidad durante una competición o entrenamiento específicos. En velocistas hay que tener en cuenta, que los entrenamientos específicos se corresponden con breves ráfagas de muy alta intensidad alternados con largos periodos de recuperación (Aerenhouts, 2011), por lo que la duración neta del entrenamiento es realmente corta. También hay que tener en cuenta que parte de ese entrenamiento específico está orientado al desarrollo de la masa muscular y de la fuerza máxima y potencia, a través de diferentes entrenamientos con cargas (Tipton et al., 2007), como movimientos olímpicos y levantamiento de cargas pesadas.

Otra característica de este tipo de entrenamiento, es que se suelen producir grandes concentraciones de lactato y vaciamiento de las reservas de ATP y ATP-PC por lo que, una vez terminado el ejercicio, los valores del VO_2 se mantienen bastante elevados y éstos van disminuyendo progresivamente a lo largo del tiempo. Este fenómeno se conoce como EPOC (*excess post oxygen consumption*) (Benito et al, 2013:268).

Este consumo de oxígeno elevado por encima de los valores basales se debe al trabajo que requiere el organismo para metabolizar el lactato, restablecer las concentraciones ATP y fosfocreatina (Benito et al., 2013:269). Según LaForgia et al. (2006) citado por

Hall et al. (2012), el EPOC representa el $\sim 6\text{-}15\%$ de la energía gastada durante una sesión de ejercicio, lo que hace aumentar al RMB.

Otro factor a tener en cuenta, y generalmente obviado, es la alta carga neural que tiene el entrenamiento específico de un velocista (Folland & Williams, 2007 citado por Slater & Phillips, 2011). Algunos autores como Noakes et al. (2001) ya comienzan a abordar este hecho, hasta ahora únicamente abordado de manera empírica. Noakes et al. (2001) exponen una visión diferente acerca del principal causante de la fatiga en pruebas de velocidad, proponiendo las vías neuronales como las responsables de una “fatiga central”. El cerebro en condiciones normales consume, alrededor del 20 al 23% de los requerimientos totales de energía (Cunnane et al., 2011), por lo que cabe pensar que un aumento de la carga neural, podría aumentar dichos requerimientos.

Durante estos entrenamientos y competiciones, los depósitos de glucógeno pueden caer drásticamente y por ello deben ser rellenados de nuevo con el objetivo de que se lleve a cabo una adecuada recuperación y mantenimiento del rendimiento (Aerenhouts et al., 2011a). De forma general, las recomendaciones de la ACSM (2009) sobre la ingesta de carbohidratos para atletas es de $6\text{-}10\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$. Tipton et al. (2007), por su parte, resumen una “guía” nutricional para velocistas, en la que establecen las recomendaciones de ingesta carbohidratos en $\sim 5\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$.

Las recomendaciones sobre la ingesta de proteínas para atletas de fuerza, entendiendo a los velocistas dentro de este grupo, se establecen en $1,2$ a $1,7\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$ (ACSM, 2009), aunque es habitual que los velocistas consuman $\sim 2\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$ (Tipton et al, 2007).

En cuanto a la ingesta de grasas, la ACSM (2000) recomienda que no sea inferior al 15% del total calórico ingerido, ya que no hay evidencia en que haya beneficio en el rendimiento en comparación con ingestas del 20-25%. Una adecuada ingesta de grasa aporta al atleta vitaminas liposolubles, ácidos grasos esenciales y le permite mantener un adecuado nivel hormonal (ACSM, 2009).

Los requerimientos energéticos de cada atleta son únicos (Burke, 2001) y existe gran variabilidad entre atletas incluso cuando la masa corporal y la carga de entrenamiento son iguales (Maugan and Burke, 2002:6). Los requerimientos energéticos están determinados por el GETD del deportista. El GETD depende, como ya se expuso anteriormente, al menos de:

- RMB, en adultos sedentarios constituye el 60-70% GETD, mientras que en individuos muy activos representa el 50% (Blasco, 2015). El RMB está influido por la edad, sexo, tamaño corporal, masa muscular (ACSM, 2000; Benito et al., 2013:406).
- Termogénesis facultativa (10% GETD) (Benito et al., 2013:406)
- Actividad física. Éste es el factor que más variabilidad presenta y está determinado por las características del entrenamiento específico del velocista (intensidad, frecuencia, duración del ejercicio (ACSM, 2000) y el modo de entrenamiento (Benito et al., 2013:340). Mientras que en adultos no deportistas supone el 15-30% GETD, en algunos casos, donde la intensidad del entrenamiento es muy alta, este factor puede llegar a suponer el 50% del GETD. (Burke and Cox, 2010:45)

Los factores que más influyen en los requerimientos energéticos son el tamaño corporal y la carga de entrenamiento (Maugan and Burke, 2002:6). La ACSM (2000) recomienda la ingesta de $37-41 \text{Kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$ para adultos ligera a moderadamente activos. Sin embargo, la ACSM (2000) hace referencia a que algunos atletas de fuerza tienen requerimientos de hasta $44-50 \text{Kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$.

Existen varios métodos para determinar cuáles son los requerimientos energéticos destacar:

El Agua doblemente marcada (DLW, double labeled water), es el método más seguro y preciso. Algunos autores lo consideran como criterio estándar (Ordax y Terrados, 2006). Además, tiene la ventaja de no interferir en el entrenamiento (Montoye et al., 1996 citado por Ebine, 2002). El agua doblemente marcada es un método usado para estimar la producción de CO_2 , administrando oralmente agua marcada y determinando al cabo de un tiempo la eliminación diferencial de los isótopos deuterio y oxígeno del agua corporal del organismo (Hand et al, 2013). El alto coste del procedimiento hace

que sea difícil el uso, por lo que se ha circunscrito, casi exclusivamente, al ámbito de los estudios de validación de otros métodos de medición (Ordax y Terrados, 2006).

Calorimetría directa, mide la cantidad de calor producido por el organismo. Esta técnica es altamente precisa y de gran importancia referencial, aunque su aplicabilidad es reducida, ya que requiere realizar toda la actividad dentro de la cámara hermética (Chicharro y Vaquero, 2006:224).

Calorimetría indirecta, es el método más común en laboratorio. Nos permite calcular el RMB (Hand et al, 2013) y el gasto por ejercicio a partir de la relación entre las tasas de consumo de oxígeno y la producción de dióxido de carbono (Maugan and Burke, 2002:6).

Sensores de movimiento o acelerómetros triaxiales, como SeseWear Mini Ambard ampliamente usados en la actualidad. El acelerómetro cuantifica el movimiento en los tres ejes, extrapolándolo a energía gastada mediante ecuaciones matemáticas. (Chicharro y Vaquero, 2006:229).

Lo más accesible y práctico para Maughan y Burke (2002:6) es el uso de *ecuaciones predictivas* basadas en la evaluación del RMB. La FNB (2005) propone las siguientes ecuaciones para medir el GETD o EER (*Energy Estimated Requirement*):

$$EER \text{ Hombre } > 19 \text{ años} = 662 - 9,53 * \text{Edad} + AF \times (15,91 * \text{Peso (Kg)} + 539,6 * \text{talla})$$

Ecuación 3
(FNB,2005)

$$EER \text{ Mujer } > 19 \text{ años} = 354 - 6,91 * \text{Edad} + AF \times (9,36 * \text{Peso} + 726 * \text{talla})$$

Ecuación 4
(FNB,2005)

El EER en Kcal/día, la edad en años, peso en Kg y la talla en m.

AF se refiere al nivel de actividad física diaria, es decir, cual es el modo de vida del sujeto. Para ello se hacen *registros de actividad*, que son diarios actualizados, llevados a cabo por los individuos estudiados, los cuales intentan captar todas las fuentes y patrones de actividad física durante un periodo de tiempo definido (Ordax y Terrados, 2006). Esto nos permite conocer cual es el nivel de actividad física (PAL).

Definiéndose el PAL, como el cociente del gasto energético total (GETD) entre el gasto energético basal (RMB) (FNB, 2005:887), o de otro modo, la suma de todas las actividades realizadas en un periodo de tiempo medidas en METs, dividido entre la duración del periodo dado. Por ejemplo la suma de todas las actividades realizadas en un día (METs)/24h.

	PAL	Cociente
Sedentario	1,0-1,39	1
Poco activo	1,4-1,59	1,11
Activo	1,6-1,89	1,25
Muy activo	1,9-2,49	1,48

Tabla 1: Cocientes de Actividad Física, a partir de FNB (2005)

A modo de resumen se puede decir, que la ingesta energética del atleta es importante por los siguientes hechos (Burke, 2001:202):

1. Permite alcanzar los requerimientos energéticos, de macronutrientes (especialmente proteínas y carbohidratos) y micronutrientes como las vitaminas, minerales, necesarios para obtener un rendimiento óptimo.
2. Permite controlar la masa muscular y los niveles de grasa corporal, para conseguir el físico específico, requerido para el rendimiento óptimo.
3. Permite mantener la función hormonal e inmune.

2. OBJETIVOS

1. Estudiar el balance energético en velocistas de alto rendimiento españoles, durante un periodo competitivo.
2. Analizar la variabilidad del peso y de la composición corporal en relación al balance energético.
3. Valorar cuantitativa y cualitativamente la dieta llevada en este periodo.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Participantes

Los participantes de este estudio fueron 3 atletas velocistas voluntarios, de nivel nacional e internacional, situados entre los 20 mejores del ranking nacional, participantes en los campeonatos de España de atletismo tanto individual como por equipos.

Los atletas tenían edades comprendidas entre los 19,39 y 23,99 años (2 hombres y 1 mujer) y una experiencia promedio en este deporte de 5 años.

Previamente a la toma de datos, todos los deportistas y el cuerpo técnico fueron informados de las pruebas que se iban a realizar, así como de los objetivos que se pretendían en el estudio. Todos los sujetos del estudio firmaron un consentimiento informado para poder participar en el estudio.

3.2 Periodo estudiado

El estudio fue llevado a cabo durante el mes de febrero de 2015.

Este mes coincidió con el periodo competitivo de pista cubierta, así como con el Campeonato de España de Atletismo de Pista Cubierta y un periodo de transición con una duración de 5 días.

3.3 Cálculo y estimación del gasto energético

El gasto energético para cada individuo se calculó y estudió:

1. A partir de registros diarios de actividad física. Se pidió a los participantes realizar un registro de todas las actividades llevadas a cabo durante el día y anotación del entrenamiento llevado a cabo o competición.

Antes de comenzar, los participantes recibieron instrucciones de cómo rellenar dichos formularios.

El análisis de los registros de actividad física terminados, se realizó a partir del “*compendio de actividades físicas*” de Ainsworth et al., (2000) y de las ecuaciones predictivas propuestas por la FNB (2005).

A la hora de estimar el GETD a partir de esta metodología, encontramos una limitación. El “*compendio de actividades físicas*” de Ainsworth et al., (2000) estima el gasto de correr hasta una velocidad de $18 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ (10,9 millas por hora) y estos atletas tanto en entrenamientos como en competición alcanzan velocidades $\sim 30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

2. Uno de los sujetos llevó un acelerómetro triaxial, modelo Sense Wear Pro3 Ambard (SWA) (BodyMedia Inc., Pittsburgh, PA), en la parte superior del brazo derecho. El dispositivo fue llevado durante una semana, coincidiendo con el Campeonato de España de Atletismo de Pista Cubierta, donde el sujeto participó en la prueba de 200 metros lisos.

El acelerómetro SWA es un dispositivo con múltiples sensores, que recoge diferentes parámetros: acelerometría triaxial (posición y movimiento del cuerpo), flujo térmico, respuesta galvánica de la piel, temperatura de la piel y temperatura ambiente cerca del cuerpo (Hand et al., 2013; Aerenhouts et al., 2011). Estos parámetros son introducidos en un algoritmo matemático que permite estimar el gasto energético, la actividad y el sueño. (Hand et al, 2013).

Johannsen et al. (2010) citado por Aerenhouts et al. (2011) encontró una relación significativa entre SWA y el agua doblemente marcada para la estimación del GETD con una correlación de 0,8.

Por otro lado, algunos estudios muestran que SWA subestima el coste energético de la mayoría de las actividades y esta subestimación aumenta con la intensidad del ejercicio (Drenowatz and Eisenmann, 2010; Johannsen et al., 2010 citados por Aerenhouts et al., 2011).

3. El metabolismo basal fue medido a través de calorimetría indirecta (*Oxycon pro, VIASYS Healthcare, Germany*). La calorimetría indirecta es un método no invasivo que permite estimar la producción de energía equivalente al RMB y la velocidad de oxidación de los substratos energéticos (Blasco, 2015).

Los participantes realizaron el estudio en ayunas y no habiendo realizado ningún esfuerzo en un periodo de 12 horas. Se realizó la toma de datos durante un periodo de 30 minutos (10 de pie, 20 tendido supino). Durante este proceso se midió también la frecuencia cardiaca en reposo con un sensor Polar (*Polar Electro, Kempele, Finland*)

El metabolismo basal fue calculado a partir del consumo de oxígeno y producción de CO₂ medido constantemente durante los 30 minutos con un flujo constante de aire al analizador de gases (Hand et al., 2013).

El metabolismo basal fue también estimado por bioimpedancia eléctrica. Esta tecnología se basa en la resistencia al paso de la corriente alterna. El tejido magro es altamente conductor debido a la gran cantidad de agua y electrolitos que contiene, por lo tanto ofrece poca resistencia; por el contrario, el tejido graso y el hueso son medios de baja conductividad y por lo tanto de alta resistencia (Blasco, 2015). En este caso se realizó a partir de una báscula “*TANITA tetrapolar*”. Este dispositivo dispone de ecuaciones incorporadas en su software que permiten determinar el RMB. Sin embargo, la dispersión de los resultados es importante (Blasco, 2015).

3.4 Ingesta energética y de macronutrientes

El aporte calórico y de nutrientes para cada individuo se calculó y estudió a partir de recuerdos alimentarios, o formularios estándar.

Se pidió a los participantes registrar todos los alimentos y bebidas consumidas (otros que no fueran agua) durante 28 días consecutivos, dividiendo los 28 días en 4 semanas.

Antes de comenzar, los participantes recibieron instrucciones de cómo rellenar dichos formularios (Nombres comerciales del producto, métodos de preparación y recetas de platos combinados, etc.)

El análisis de los recuerdos alimentarios terminados, se realizó a partir de las tablas de composición de los alimentos “*Novartis Consumer Health*” de Jiménez et al. (2000).

3.5 Peso y composición corporal

Las mediciones corporales se ajustaron a los criterios, las normas, recomendaciones y técnicas de medida se realizaron siguiendo el Documento Consenso del GREC (Alvero et al., 2009). Los evaluadores tenían la certificación de nivel II y III de la International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK).

El peso se midió con una báscula de precisión de $\pm 100\text{g}$, según las recomendaciones del GREC (Alvero et al., 2009).

Los atletas se pesaban 2 veces al día siempre en las mismas condiciones:

- 1ª toma: Nada más levantarse en ayunas, con la menor ropa posible y descalzo.
- 2ª toma: Antes de irse a dormir, con la menor ropa posible y descalzo.

En todo el proceso de toma de datos se tuvo en cuenta las condiciones climatológicas, tanto de temperatura como de humedad que pudieran influir en la variabilidad del peso.

La composición corporal fue estudiada mediante bioimpedancia (*TANITA tetrapolar*) y mediante kinantropometría, realizando 2 tomas, una al inicio, y otra al final del periodo de estudio.

Los pliegues cutáneos se determinaron por triplicado mediante un plicómetro Holtain Tanner (*Whitehouse Skinfold Caliper, London*). Se eligió como valor representativo de cada pliegue el valor medio de las tres mediciones. Aquellas medidas que se apartaron 2 ó más desviaciones estándar de la media fueron descartadas y repetidas. Las lecturas del grosor de los pliegues se efectuaron hacia el 4º segundo de la aplicación del plicómetro, para reducir la variabilidad asociada a diferencias de comprensibilidad cutánea (Alvero et al., 2009).

Los perímetros se registraron por triplicado (según protocolo de la ISAK), con una cinta métrica, inextensible y milimetrada (Alvero et al., 2009).

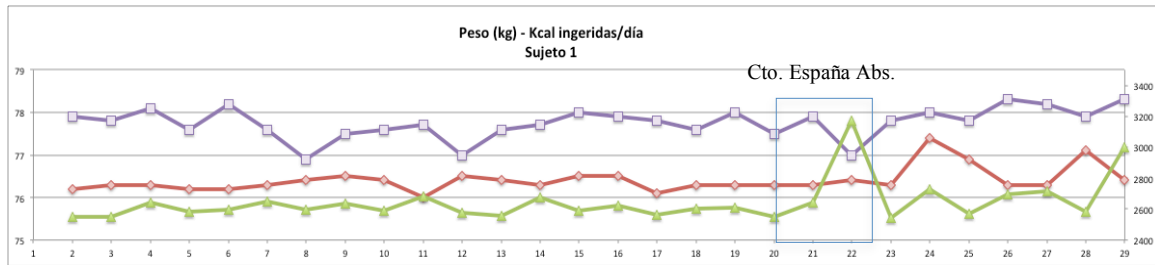
Los diámetros se obtuvieron a través de un paquímetro de 1mm de precisión según las recomendaciones del GREC (Alvero et al., 2009)

Para la determinación de la composición corporal mediante kinantropometría se valoró el porcentaje graso a través de la fórmula de Faulkner y Carter, el peso muscular a través de la fórmula de Lee y la masa ósea a través de la formula de Rocha, todo ello siguiendo el Documento Consenso del GREC (Alvero et al., 2009).

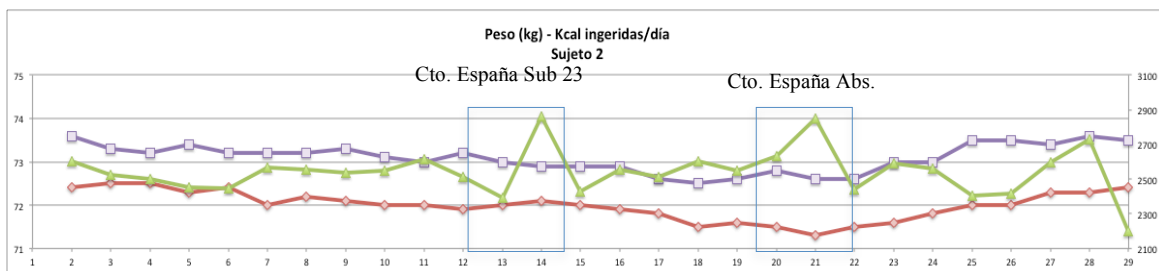
4. RESULTADOS

4.1 Variabilidad del peso

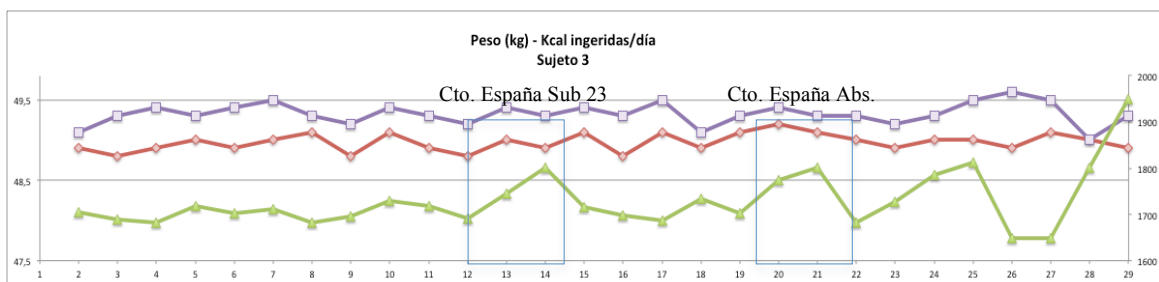
En las graficas 1 a 3 se muestra cual es la variabilidad del peso, al levantarse y al acostarse, en función de la ingesta energética de los sujetos durante los 28 días que duró el estudio.



Grafica 1: Variabilidad del peso sujeto 1



Grafica 2: Variabilidad del peso Sujeto 2



Grafica 3: Variabilidad del peso Sujeto 3

◆ Peso levantarse
 ■ Peso acostarse
 ▲ Kcal ingeridas/día

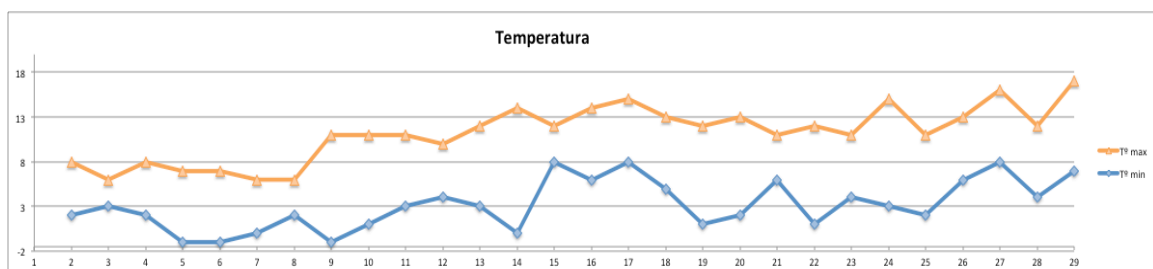
En la grafica 1 se observa cual es la variabilidad del peso en función de la ingesta energética en el *Sujeto 1* a lo largo de los 28 días que duró el estudio. El peso al levantarse presenta una desviación típica de 0,29 kg mientras que el peso al acostarse de 0,36 kg durante este periodo. En cuanto a la variabilidad de la ingesta calórica es de 137,39 kcal.

En la segunda gráfica podemos ver la variabilidad del peso en función de la ingesta energética en el *Sujeto 2*. Observamos como tanto el peso al levantarse como al acostarse presenta una desviación típica de 0,33 Kg durante todo el periodo estudiado. En cuanto a la variabilidad de la ingesta calórica es de 132,86 kcal.

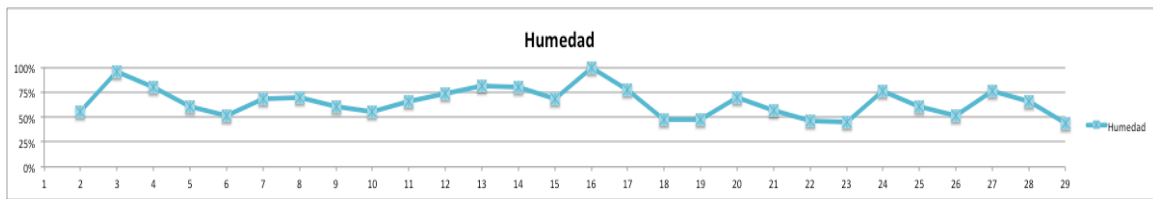
En la tercera gráfica se puede observar cual es la variabilidad del peso en función de la ingesta energética en el *Sujeto 3*. Vemos que el peso al levantarse presenta una desviación típica de 0,11 kg mientras que el peso al acostarse de 0,14 kg. En cuanto a la variabilidad de la ingesta calórica es de 62,58 kcal.

En cuanto al estudio de la variabilidad del peso hemos podido observar que de modo general el peso se mantiene constante durante el periodo, ya que la variabilidad no es significativa, con una desviación típica media de 0,24 kg al levantarse y 0,27 kg al acostarse. Si hacemos referencia al estudio de la ingesta energética observamos que en promedio la ingesta se mantiene constante con una desviación típica media de 110kcal, sin embargo existe un patrón común en los tres sujetos, éste nos muestra como el día posterior a las competiciones importantes, marcadas en las gráficas anteriores, la ingesta energética es mucho mayor en comparación al promedio. También hay que destacar que se observa otro patrón, que se repite en dos de los tres sujetos. Cuando la ingesta energética es mayor que el promedio, el cambio de peso tanto al levantarse como al acostarse se muestra al segundo día tras la ingesta alta.

En las gráficas 4 y 5 se muestra la temperatura y la humedad durante los 28 días del estudio. En ellas vemos como la temperatura ni la humedad llegan a ser extremas por lo que se piensa que no han podido influir en la variabilidad del peso.



Grafica 4: Temperatura máxima y mínima

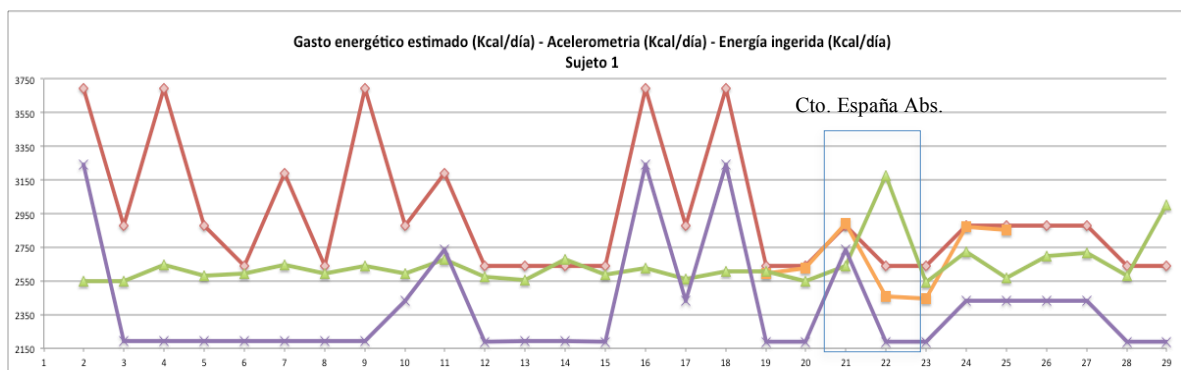


Grafica 5: Humedad relativa

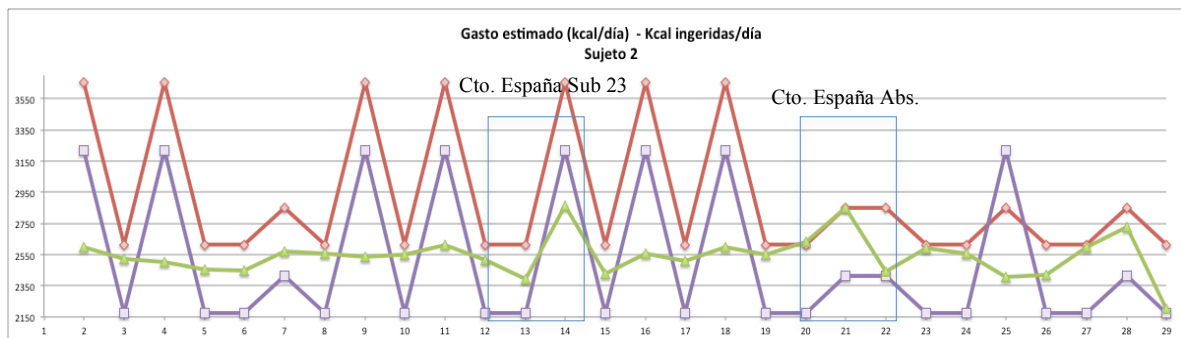
4.2 Balance energético: Ingesta energética vs. Gasto energético

En las gráficas 6 a 8 se muestra cual fue la evolución del gasto energético estimado, a partir de las ecuaciones propuestas por la FNB (2005), así como la estimación realizada a partir RMB basal calculado en laboratorio a partir de calorimetría indirecta. El *Sujeto 1* además llevó un acelerómetro durante 7 días.

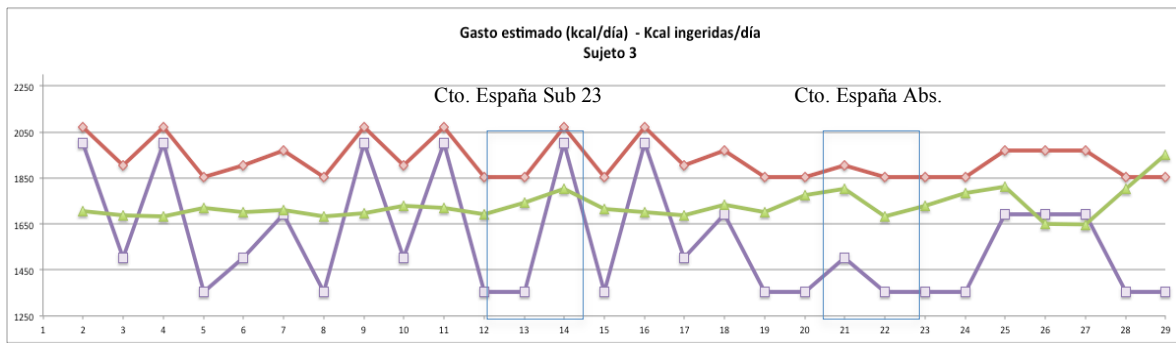
En este apartado además se puede ver cual es el balance energético a partir de la comparación de los datos de gasto energético e ingesta energética.



Grafica 6: Balance energético Sujeto 1



Grafica 7: Balance energético Sujeto 2



Grafica 8: Balance energético Sujeto 3

A partir de estas gráficas vemos que existe un patrón común en los tres sujetos. Si se relaciona la ingesta energética promedio de los sujetos, con el GETD estimado a partir de las ecuaciones propuestas por la FNB (2005), nos encontramos con que los sujetos estaban en una situación de balance energético negativo.

Sin embargo, si el estudio del balance energético se realiza tomando el GETD a partir del RMB calculado en laboratorio con calorimetría indirecta y aplicándole el factor de actividad correspondiente, vemos que los sujetos se encuentran en un balance ligeramente positivo en promedio.

En cuanto al gasto energético calculado por acelerometría, realizado al *Sujeto 1* observamos que los datos son similares a las estimaciones del GETD a partir de las ecuaciones propuestas por la FNB (2005).

En los tres sujetos se observa una variabilidad diaria muy alta en el GETD. Esto es debido al momento de la temporada estudiado, que se caracteriza por bajos volúmenes, altas intensidades y disminución de la frecuencia del entrenamiento con el objetivo de llegar lo mejor posible a la competición.

4.3 Cambios en la composición corporal

Sujeto 1

Medida	Media Inicial	Media Final	Diferencia
Composición corporal (kinantropometría)			
% Graso (promedio)	8,36	8,58	0,22%
Masa muscular (Lee)	41,91	41,95	0,04
Composición corporal (Bioimpedancia)			
% Masa grasa	9,5%	10,1%	0,6%
Masa grasa	7,10	7,70	0,60
Masa magra	67,80	68,20	0,40
Agua total	49,60	49,90	0,30

Tabla 2: cambio en la composición corporal Sujeto 1

Sujeto 2

Medida	Media Inicio	Media Final	Diferencia
Composición corporal (kinantropometría)			
% Graso (promedio)	9,34	8,58	-0,76%
Masa muscular (Lee)	41,12	41,65	0,53
Composición corporal (Bioimpedancia)			
% Masa grasa	8,1%	9,0%	0,9%
Masa grasa	5,80	6,50	0,70
Masa magra	66,10	66,60	0,50
Agua total	48,90	48,00	-0,90

Tabla 3: cambio en la composición corporal Sujeto 2

Sujeto 3

Medida	Media Inicio	Media Final	Diferencia
Composición corporal (kinantropometría)			
% Graso (promedio)	11,35	11,70	0,35%
Masa muscular (Lee)	27,15	27,08	-0,08
Composición corporal (Bioimpedancia)			
% Masa grasa	14,6%	14,4%	-0,2%
Masa grasa	7,20	7,00	-0,20
Masa magra	42,30	41,90	-0,40
Agua total	31,00	30,60	-0,40

Tabla 4: cambio en la composición corporal Sujeto 3

En las tablas 2 a 4 se muestra cual fue el cambio en la composición corporal de los sujetos. En el *Sujeto 1* observamos como el porcentaje graso calculado por antropometría aumento un 0,22%. Sin embargo, calculado por bioimpedancia encontramos un aumento de un 0,6%. En cuanto a la masa muscular medida por kinantropometría a partir de la fórmula propuesta por Lee et al., (2000, citado por Alvero et al., 2005), nos encontramos que ésta aumento 0,4kg. Por bioimpedancia se

muestra un aumento de la masa magra, y por tanto se puede tomar como equivalente a masa muscular de 0,4 kg.

En el *Sujeto 2* vemos como el porcentaje graso medido por antropometría disminuyó un 0,76%, mientras que por bioimpedancia este componente aumento un 0,9%. En cuanto a la masa muscular calculada por kinantropometría, estimando la masa muscular a partir de la fórmula propuesta por Lee et al., (2000, citado por Alvero et al., 2005), nos encontramos con un aumento de 0,53kg. En el estudio por bioimpedancia se muestra un aumento de la masa magra, y por tanto se puede tomar como equivalente a masa muscular de 0,5 kg, por lo que los datos entre bioimpedancia y antropometría son muy similares.

Por último, en el *Sujeto 3* observamos como el porcentaje graso calculado por antropometría aumentó un 0,35%, mientras que por bioimpedancia disminuyó un 0,2%. En cuanto a la masa muscular calculada por kinantropometría, se observa que al estimar la masa muscular a partir de la fórmula propuesta por Lee et al., (2000, citado por Alvero et al., 2005), se observa con una pérdida de 0,8kg. Por bioimpedancia se muestra una disminución de la masa magra, por tanto se puede tomar como equivalente a masa muscular de 0,4 kg.

En el Anexo I se realiza una comparación del somatotipo de los tres sujetos, con otros sujetos de alto rendimiento de la misma disciplina deportiva a partir de los datos obtenidos por Canda (2012)

4.4 Ingesta energética y de macronutrientes

<i>Promedio febrero Sujeto 1</i>		<i>Promedio febrero Sujeto 2</i>		<i>Promedio febrero Sujeto 3</i>	
<i>Kcal/kg</i>	<i>34,61</i>	<i>Kcal/kg</i>	<i>35,32</i>	<i>Kcal/kg</i>	<i>35,51</i>
<i>g HC/kg</i>	<i>5,02</i>	<i>g HC/kg</i>	<i>3,73</i>	<i>g HC/kg</i>	<i>4,92</i>
<i>g Proteína/kg</i>	<i>1,95</i>	<i>g Proteína/kg</i>	<i>1,79</i>	<i>g Proteína/kg</i>	<i>1,95</i>
<i>%Lípidos</i>	<i>19%</i>	<i>%Lípidos</i>	<i>25%</i>	<i>%Lípidos</i>	<i>23%</i>

Tabla 5: Promedios de la ingesta de energía y macronutrientes en relación al peso corporal durante el mes de febrero (periodo estudiado)

En la tabla 5 se puede observar como los tres sujetos ingirieron $\sim 35 \text{kcal} \cdot \text{kg}^{-1}$. En cuanto al reparto de macronutrientes se pueden observar mayores diferencias, dos de los sujetos ingirieron en promedio $\sim 5 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de hidratos de carbono, mientras que el *Sujeto 2* se quedó en $3,73 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$. La ingesta de proteínas se encuentra entorno al $1,89 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$. La ingesta de grasas presenta una mayor variabilidad, encontrándose un $\sim 22\%$ de media de total calórico ingerido, siendo el *Sujeto 1* el que menos ingirió.

5. DISCUSIÓN

Tras analizar los datos en profundidad, se ha visto que los tres sujetos realizan ingestas calóricas inferiores a las recomendaciones de la ACSM (2000) para adultos ligera a moderadamente activos y aún menores si se realiza la comparación con las recomendaciones propuestas por la ACSM (2000) para atletas de fuerza.

En cuanto a la ingesta de hidratos de carbono, los *Sujetos 1 y 3* ingirieron en torno a $5\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$ de acuerdo a lo propuesto por Tipton et al. (2007). Mientras que el *Sujeto 2* ingirió únicamente $3,73\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$ en promedio durante este periodo, siendo esta cantidad muy inferior a sus requerimientos según la ACSM (2000).

En relación a la ingesta de proteínas todos los sujetos ingirieron la cantidad recomendada por la ACSM (2009) e incluso la superaron. Tipton et al. (2007) describe como habitual que estos atletas ingieran cantidades cercanas a los $2\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$, en este caso como se ha podido ver en los resultados, este grupo de atletas ingirió $\sim 1,89\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Relativo a la ingesta de grasas, todos los sujetos cumplen con las recomendaciones de la ACSM (2000) ingiriendo $>15\%$ de total calórico ingerido. Los tres sujetos realizaron una ingesta que se encuentra entre el 19 al 25%. La recomendación de la ACSM (2009) es de entre 20 y 25%, por lo que la diferencia puede considerarse despreciable.

A continuación en la Tabla 6 se muestran los datos de estudios realizados anteriormente con velocistas de alto nivel, con la intención de dar una visión más objetiva a nuestros resultados.

Referencia	Población	Peso (Kg)	Ingesta Energética		Hidratos de carbono		Proteínas		Grasa	Método
			Kcal/día	Kcal/kg/día	%E	g/kg/día	%E	g/kg/día		
Sugira et al. (1999) citado por Slater & Phillips 2011	Velocistas del equipo nacional Japonés (H)	67		39,89 ± 7,89		5,1 ± 1,0		1,5 ± 0,4	30 ± 3	Recuerdo alimentario de 3 días
Sugira et al. (1999) citado por Slater & Phillips 2011	Velocistas del equipo nacional Japonés (M)	52		45,86 ± 10,98		5,8 ± 1,6		1,7 ± 0,5	33 ± 4	Recuerdo alimentario de 3 días
Sprint and field athletes Short and Short, 1983 citado por Burke 2001	Atletas del US Collegiate	-	3522							Recuerdo alimentario de 3 días
Aerenhouts et al. (2011)	Atletas de la Flemish Athletics League (H)	66,4 ± 7,6	3143 ± 365		56,4		14,4		29,1	Recuerdo alimentario de 7 días
Aerenhouts et al. (2011)	Atletas de la Flemish Athletics League (M)	56,4 ± 3,6	2097 ± 509		54,8		15,0		29,8	Recuerdo alimentario de 73 días

Tabla 6: estudios de IE realizados anteriormente con velocistas de alto nivel

Observando todos estos datos se puede llegar a hipotetizar que posiblemente estos atletas puedan encontrarse en un balance energético negativo. Aerenhouts et al. (2011a) encontró el mismo patrón en atletas de la misma modalidad.

	Primavera 2008	Otoño 2008
Mujeres	(n = 22)	(n = 18)
IE (Kcal)	2058 ± 359 ***	2097 ± 509
GETD (Kcal)	2451 ± 271	2392 ± 270
Hombres	(n = 26)	(n = 22)
IE (Kcal)	3198 ± 525 ***	3143 ± 365 ***
GETD (Kcal)	3422 ± 532	3355 ± 413

***Ingesta energética significativamente menor que el gasto energético P <0.01.

Tabla 7: Balance energético de velocistas de la Flemish League (Aerenhouts et al., 2011)

Aerenhouts et al. (2011b) encontraron también un balance energético negativo en un grupo de velocistas adolescentes. En este trabajo se estimó el GETD por cuestionarios de registro de actividad y por acelerometría con un dispositivo igual al usado en este trabajo. Aerenhouts et al. (2011b) opinan que este desequilibrio probablemente es debido a una subestimación de la ingesta energética, aunque no debe descartarse una posible sobrestimación del GETD por registros de actividad o por la propia acelerometría.

Edwards et al. (1993) encontraron que la IE de un grupo de atletas de fondo femenino era un 32% inferior a lo estimado por DLW, y que durante este periodo el peso se mantuvo estable. Estos autores concuerdan con Aerenhouts et al. (2011b), y piensan que esto es debido a una subestimación de la ingesta energética.

Burke (2001) sin embargo, explica este hecho haciendo referencia a una posible “*eficiencia energética*” de estos atletas. Lo que significaría que estos atletas podrían estar en un estado de balance energético neutro, ya que sus necesidades basales y el gasto energético derivado de la actividad física realizada puede ser ligeramente menor a lo esperado.

Otra posible explicación a la alteración de la IE con respecto al GETD puede ser el modo de entrenamiento y sus características específicas. Como ya se expuso anteriormente, una de las características del entrenamiento de los velocistas es la realización de múltiples sprints, en su mayoría, (Aerenhouts et al., 2011a) a alta intensidad. Hunter et al, (1998) dice que este tipo de entrenamiento puede suprimir el apetito, conduciendo a un balance energético negativo. En esta misma vía, Bilski et al. (2009) y Martins et al. (2008) citados por Stensel (2010) describen como el ejercicio de alta intensidad puede llevar a una supresión temporal del apetito. Esta supresión temporal del apetito se ha denominado “*anorexia inducida por el ejercicio*” y conduce a un balance energético negativo a corto plazo. Este tipo de entrenamiento parece disminuir los niveles de grelina, hormona estimulante del apetito, y aumenta los niveles de péptido YY (PYY), hormona conocida por tener fuertes efectos inhibidores del apetito (Stensel, 2010).

De acuerdo a lo propuesto por Hunter et al. (1998) y Bilski et al. (2009), Martins et al. (2008) citados por Stensel (2010), debe ser tenido en cuenta para futuras líneas de investigación, la alteración hormonal experimentada tras la realización de ejercicio a muy alta intensidad, descrita por estos autores.

Analizando los cambios en la composición corporal y variabilidad del peso de los tres sujetos, vemos como el peso se mantiene relativamente estable durante todo el periodo estudiado. Sin embargo, se observa como el cambio en el peso al aumentar la ingesta energética por encima de lo normal se registra dos días después de dicha ingesta. En cuanto a los cambios en la composición corporal los cambios en el porcentaje graso y masa muscular son casi despreciables y por lo tanto no significativos, lo que hace pensar que el balance energético durante este periodo fue neutro y no negativo.

6. CONCLUSIÓN

A continuación se exponen las conclusiones a las que se ha llegado tras el análisis de los resultados obtenidos y de la bibliografía consultada.

Tras el estudio del balance energético de estos tres velocistas, se ha llegado a la conclusión que el hecho de entrenar diariamente a alta intensidad, unido a periodos de carga-descanso óptimos, da lugar a una adaptación al entrenamiento. Parece probable que mantener este entrenamiento en el tiempo podría producir, por tanto, una adaptación crónica, en la que el atleta disminuiría sus requerimientos energéticos. Esto significaría que la acelerometría y los registros de actividad física aplicando las ecuaciones propuestas por la FNB (2005) sobrestiman el GETD en atletas muy entrenados de acuerdo con lo propuesto por Arenhouts et al. (2011b).

Además, se concluye que el modelo empleado para estimar el balance energético influye de manera significativa en los resultados e incluso puede ser una limitación en muchos estudios.

Tras el análisis de la variabilidad del peso y de la composición, se ha observado como estas dos variables se mantuvieron relativamente constantes durante todo el periodo estudiado. Por lo tanto se ha llegado a la conclusión, de que estos tres atletas se encontraban en un balance neutro en promedio.

Se confirma por tanto, la hipótesis propuesta por Burke (2001) de que atletas altamente entrenados experimenta una “*eficiencia energética*”, en la que sus necesidades basales y el gasto energético derivado de la actividad física es menor a lo esperado.

Por último tras haber analizado la dieta llevada por los sujetos y habiéndolos comparado con otros atletas de alto nivel y por las recomendaciones propuestas por la ACSM (2000; 2009) se ha observado como estos atletas consumen más proteínas, menos grasas y menos hidratos de carbono. Se ha concluido que este hecho puede estar influido por la actual tendencia a disminuir la ingesta de hidratos de carbono y aumentar la de proteínas.

7. BIBLIOGRAFIA

Aerenhouts, D., Deriemaeker, P., Hebbelinck, M. and Clarys, P. (2011a). Energy and macronutrients intake in adolescent sprint athletes: A follow-up study. *Journal of Sport Science*, 29(1), 73:82.

Aerenhouts, D., Zinzen, E. and Clarys, P. (2011b). Energy expenditure and habitual physical activities in adolescent sprint athletes. *Journal of Sport Science and Medicine*, 10, 362-368.

Ainsworth, B.E., Haskell, W.L., Whitt, M.C., Irwin, M.L., Swartz, A.M., Strath, S.J., O'Brien, W.L., Bassett, D.R. Jr, Schmitz, K.H., Emplaincourt, P.O., Jacobs, D.R. Jr, Leon, A.S.. (2000). Compendium of Physical Activities: an update of activity codes and MET intensities. *Medicine & Science Sports Exercise*, 32(9), S498-S516.

American College of Sport Medicine, American Dietetic Association, & Dietitians of Canada. (2000). Nutrition and Athletic Performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(12), 2130-2145.

American College of Sport Medicine, American Dietetic Association, & Dietitians of Canada. (2009). Nutrition and Athletic Performance: Joint position statement. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41, 709-731.

Alvero, J.R., Cabañas, M^a. D., Herrero de Lucas, A., Martinez, L., Moreno, C., Porta, J., Sillero, M., Sirvent, J.E.. GREC, (2009). Protocolo de valoración de la composición corporal para el reconocimiento médico-deportivo. Documento de consenso del grupo español de cineantropometría de la federación española de medicina del deporte. *Archivos de medicina del deporte*, XXVI, 166-179.

Benito, P.J., Coral, S., Gómez, C., Iglesias, C.. (2013). Alimentación y nutrición en la vida activa: ejercicio físico y deporte. Madrid: UNED.

Blasco, R. (2015). Resting energy expenditure: assessment methods and applications. *Nutrición Hospitalaria*, Supl.3, 245-254.

Burke, L.M. (2001). Energy needs of athletes. *Can. J. Appl. Physiol.*, 26(Suppl.), S202-S219.

Burke, L. and Cox, G. (2010). *The complete guide to food for sport performance*. Australia: Allen & Unwin.

Canda A. (2012). Variables antropométricas de la población deportista española. España: Publicaciones Oficiales del BOE.

Cunnane, S.C., Nugent, S., Roy, M., Courchesne-Loyer, A., Croteau, E., Tremblay, S., Castellano, A., Pifferi, F., Bocti, C., Paquet, N., Begdouri, H., Bentourkia, M., Turcotte, E., Allard, M., Barberger-Gateau, P., Fulop, T. and Rapoport S. (2011). Brain fuel metabolism, aging and alzheimer's disease. *Nutrition*, 27(1), 3-20.

Dale A Schoeller. (2009). The energy balance equation: looking back and looking forward are two very different views. *Nutrition Reviews*, 67(5), 249-254.

Donnelly, J. E., Smith, B., Jacobsen, D. J., Kirk, E., Dubose, K., Hyder, M., et al. (2004). The role of exercise for weight loss and maintenance. *Best Pract Res Clin Gastroenterol*, 18 (6), 1009-1029.

Ebine, N., Hasina, H.R, Nayuki, Y., Yamanaka, K., Tashima, K., Ono, T., Saitoh, S. And Jones, P.J.H. (2002). Measurement of total energy expenditure by the doubly labelled water method in professional soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 20, 391-397.

Edwards, J.E., Lindemanm A.K., Mikesky A.E., Stager, J.M.. (1993). Energy balance un highly trained female endurance runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 25(12), 1398-1404.

Food Nutrition Board. (2005). *Dietary Reference Intakes*. USA: Institute of Medicine of the national academies.

Hall, K.D., Heymsfield, S.B., Kemnitz, J.W., Klein, S., Schoeller D.A., and Speakman, J. (2012). Energy balance and its components: implications for body weight regulation. *American Journal of Clinic Nutrition*, 95, 989-994

Hand, G.A., Shook, R.P., Paluch, A.E., Baruth, M., Crowley, E. P., Jagers, J.R., Prasad, V.K., Hurley, T.G., Hebert J.R. (2013). The Energy Balance Study: The Design and Baseline Results for a Longitudinal Study of Energy Balance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 84, 275-286.

Hernández M. y Sastre A. (1999). Balance energético. Cálculo de las necesidades tener'geticas . En *Tratado de Nutrición*(589-599). Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A.

Hunter, G.R., Weinsier, R.L., Bamman, M.M., Larson, D.E.. (1998). A role for high intensity exercise on energy balance and weight control. *International Journal of Obesity*, 22, 489-493.

Hunter, G. R., Wetzstein, C. J., Fields, D. A., Brown, A. & Bamman, M. M. (2000). Resistance training increases total energy expenditure and free-living physical activity in older adults. *J Appl Physiol*, 89 (3), 977-984.

Jiménez, A., Cervera, P., Bacardí, M.. (2000). *Tabla de composición de alimentos*. Barcelona: Novartis Consumer Health S.A.

Maughan, R.J. and Burke, L.M. (2002). *Sports Nutrition*. Oxford: Blackwell Publishing.

Noakes, T.D., Gibson, St. C., Lambert, M.I.:(2001) Neural control of force output during maximal and submaximal exercise. *Journal of Sport Medicine*. 31/2001, 637-650.

Ordax, J.R. y Terrados, N. (2006). Physical activity and energy expenditure assesing methods in children and adults. *Archivos de medicina del deporte*, XXIII, 365-377.

Tipton, K.D., Jeukendrup, A.E., Hespel, P.. (2007). Nutrition for the Sprinter. *Journal of Sport Science*, 25(S1), S5-S15.

Slater, G. & Phillips, S.M. (2011). Nutrition guidelines for strength sports: Sprinting, weightlifting, throwing events and bodybuilders. *Journal of Sport Sciences*, 29(S1), S67-S77.

Stensel, D.. (2011). Exercise, Appetite and Appetite-Regulating Hormones: Implications for Food Intake and Weight Control. *Annals of Nutrition and Metabolims*, 57(supple2), 36-42

Tipton, K. Jeukendrup, A., & Hespel P. (2007). Nutrition for the sprinter. *Journal of Sports Sciences*, 25(S1), S5 – S15.

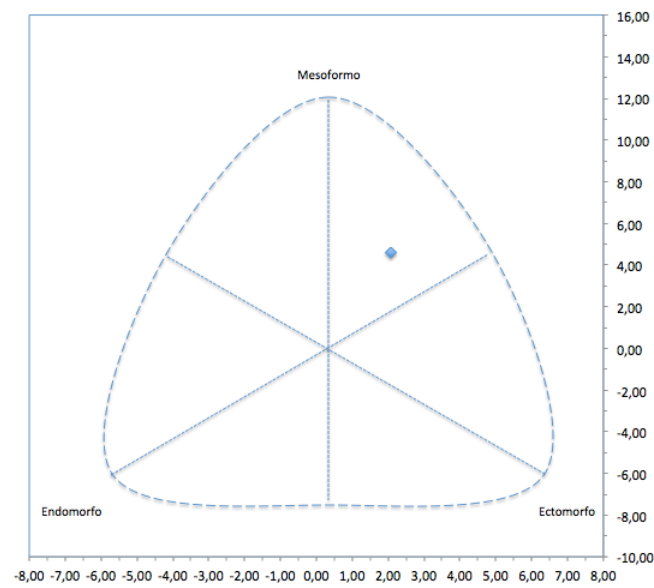
Zapico, A. G., Benito, P. J., Gonzalez-Gross, M., Peinado, A. B., Morencos, E., Romero, B., Calderon, F. (2012). *Nutrition and physical activity programs for obesity treatment (PRONAF study). methodological approach of the project*. *BMC Public Health*, 12(1), 1100.

ANEXO I

Comparación del somatotipo de los sujetos con los valores de referencia aportados por Canda (2012:174-161) para deportistas de la misma modalidad:

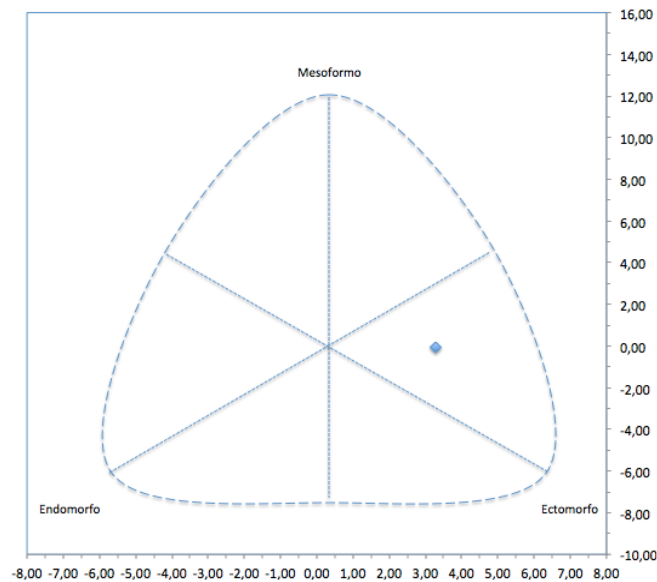
Sujeto 1:

	Endomorfia	Mesomorfia	Ectomorfia
<i>Sujeto 1</i>	1,14	4,50	3,23
Valores de ref.	1,80	4,50	3,30



Sujeto 2:

	Endomorfia	Mesomorfia	Ectomorfia
<i>Sujeto 2</i>	1,26	2,86	4,54
Valores de ref.	1,80	4,50	3,30



Sujeto 3:

	<i>Endomorfia</i>	<i>Mesomorfia</i>	<i>Ectomorfia</i>
<i>Sujeto 3</i>	2,27	3,74	3,68
Valores de ref.	1,90	3,50	3,50

